

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1200 В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ 4G/5G

Иванченко В.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Русакович В.Н. – старший преподаватель кафедры электроники

Интенсивное развитие беспроводных технологий усложняет электромагнитную обстановку и игнорирование этого может привести к сбоям оборудования критической инфраструктуры, к которому относится и оборудование АЭС. Целью данной работы является анализ работы оборудования Белорусской АЭС при воздействии радиочастотными электромагнитными полями в диапазонах 4G/5G, а также разработка и обоснование методов и средств защиты электронного оборудования от данного воздействия.

Интенсивное проникновение беспроводных технологий 4G/5G и в перспективе 6G с учетом их декларируемых характеристик, а также и других объектов, обладающих источниками электромагнитных излучений сопровождается ужесточением требования к электромагнитной совместимости с многочисленным электронным оборудованием, восприимчивым к радиочастотным электромагнитным полям как базовых станций, так и абонентских устройств, а также ЭМС этих систем с людьми, в связи с потенциальной опасностью сопутствующих изменений среды обитания для здоровья. Помимо этого, обостряется проблема электромагнитной безопасности систем связи 4G/5G для объектов критической инфраструктуры, к которым относится и оборудование АЭС. В данной работе будет рассматриваться АЭС с реактором ВВЭР-1200 как самая современная АЭС. Рассматриваемой АЭС является Белорусская АЭС как самая современная и перспективная действующая АЭС с реактором ВВЭР-1200 на момент написания данной работы.

Объектом данной работы является исследование воздействия радиочастотных электромагнитных полей в диапазонах 0,41–7,125 ГГц и 24,25–114 ГГц на электронное оборудование АЭС с реактором ВВЭР-1200.

Целью данной работы является анализ восприимчивости электронного оборудования АЭС к воздействию радиочастотного электромагнитного поля, обоснование и разработка методов и средств защиты электронного оборудования от радиочастотного электромагнитного воздействия.

Проблема электромагнитной совместимости оборудования АЭС была поднята на международном уровне еще в 2010-е, однако в открытом доступе конкретные глобальные и зарубежные нормы отсутствуют. Нормирование оборудования БелАЭС базируется практически полностью по ГОСТ 32137. Из данного стандарта для анализа важную роль играют нормы на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю по порту корпуса и к кондуктивным помехам, наведенными радиочастотными полями, помимо норм анализировались описания электромагнитной обстановки в помещении и критерий качества функционирования оборудования в нормируемых условиях [1].

Системы, оборудование которых участвовало в анализе (скобках указаны группа помехоустойчивости, описание электромагнитной обстановки и критерии качества функционирования самого уязвимого оборудования): управляющая система безопасности и иницирующая часть предупредительной защиты (IV, средней жесткости, А), система контроля и управления нормальной эксплуатации (IV, средней жесткости, А), комплекс электрооборудования системы управления и защиты (III, средней жесткости, А), аппаратура контроля нейтронного потока (III, средней жесткости, А), система контроля, управления и диагностики (II, средней жесткости, В).

В качестве линии связи на АЭС применяется волоконно-оптические линии связи и «витые пары», в данном анализе волоконно-оптические линии связи участвовать не будут из-за пренебрежимой восприимчивости к электромагнитным помехам. Анализируемая «витая пара» будет считаться 5-ой категории типа UTP, так как по правилам электромагнитной совместимости должен рассматриваться наихудший вариант событий, ниже категории не рассматриваются из-за отсутствия целесообразности.

Из-за большого количества оборудования в моделировании будет участвовать оборудование управляющей системы безопасности и иницирующей части предупредительной защиты как наиболее критичное для безопасного функционирования АЭС.

Так как данное оборудование находится в здании управления, для реализации наихудшего сценария рассматривалось оборудование на энергоблоке №2 из-за наименьшего расстояния до моделируемых ближайших базовых станций: “н. п. Валайкуны” (LTE band n3, LTE band n7) на расстоянии 900 м и “д. Валайкуны” (LTE band n20, LTE band n3) на расстоянии 1,5 км. При этом, с целью реализации наихудшего сценария были сделаны определенные допущения и оговорки: ЭИИМ всех базовых станции равна 100 кВт, работа на диапазоне FR2 представлена базовой станцией на расстоянии 850 м от здания управления, работающей в диапазоне n261, все базовые станции кроме

станции, работающей в диапазоне FR2, имеют передатчики, работающие на утвержденных диапазонах 5G FR1. Моделирование проходило в программе Wireless InSite, результаты которого изображены на рисунках 1–3. [2–5].

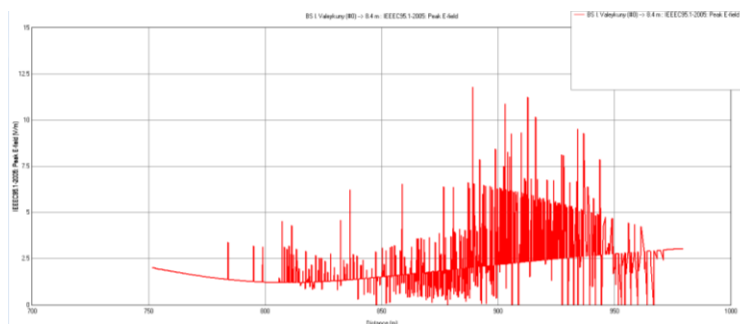


Рисунок 1 – Результаты моделирования для базовой станции «н. п. Валайкуны» на отметке 8,4 м

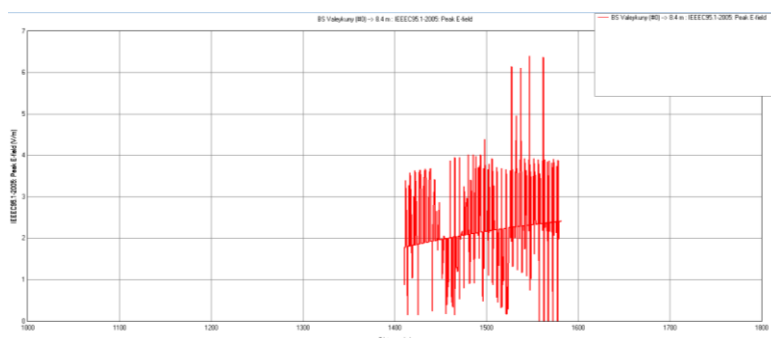


Рисунок 2 – Результаты моделирования для базовой станции «д. Валайкуны» на отметке 8,4 м

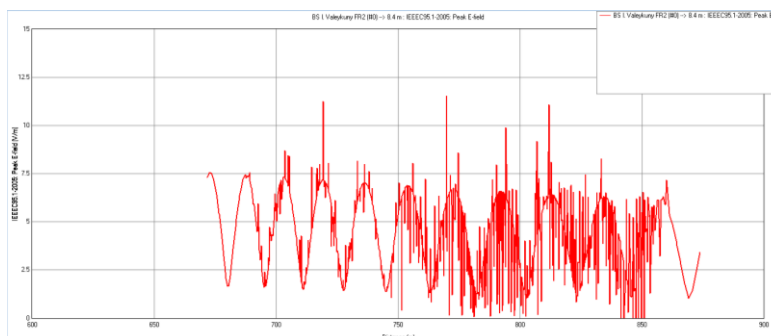


Рисунок 3 – Результаты моделирования для базовой станции «н. п. Валайкуны (FR2)» на отметке 8,4 м

Далее была рассчитана плотность потока спектральной плотности мощности для каждого диапазона, ее значения были внесены в программу “EMC Analyzer”, также там были сделаны модели помещения и оборудования.

Результаты моделирования показали, что по порту корпуса будут помехи и функционирование оборудования будет нарушено, при этом вероятность помехи на портах электропитания и сигнальных портах пренебрежимо мала из-за очень большого запаса помехоустойчивости.

В качестве решения проблемы электромагнитной совместимости данного оборудования с базовыми станциями сотовой связи предлагается добавление в стандарты нормы на помехоустойчивость в диапазонах 2,0–114 ГГц, расширение санитарно-защитной зоны за пределы площадки АЭС, во время строительства энергоблока, между слоями арматуры добавить мелкую медную проволочную сетку для экранирования, использовать экранированные кабельные проходки, экранировать стойки, отделать помещения поглотителем радиоволн, добавить в двери лабиринтообразные уплотнения, покрыть окна специальной экранирующей пленкой и т.п.

Список использованных источников:

- ГОСТ 32137–2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства для атомных станций. Требования и методы испытаний.
- Какие частоты выделены сотовым операторам в Беларуси. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.mpt.gov.by/ru/faq/kakie-chastoty-vydeleny-sotovym-operatoram-v-belarusi>.
- Об LTE Advanced pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://becloud.by/customers/ob-lte-advanced/>.
- Радиочастоты для сетей 5G [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://itechinfo.ru/node/129?ysclid=mns1yucsqe9639479905>.
- Указ Президента Республики Беларусь №139 от 01.04.2025 «О реализации инвестиционного проекта».